

논문 2012-49SP-3-7

시각적 정황을 이용한 가림 현상에 강건한 버려진 물체 검출

(Robust Detection of Abandoned Objects Using Visual Context)

이정현*, 임재현*, 백준기**

(Junghyun Lee, Jaehyun Im, and Joonki Paik)

요약

본 논문에서는 복잡한 환경에서 버려진 물체를 감시하기 위해 코너 검출기를 이용하여 버려진 물체 주변의 특징점을 검출하고, 이를 이용하여 가려진 경우에도 위치 정보를 추정할 수 있는 방법을 제안한다. 기존의 방법은 버려진 물체가 검출된 이후 가림 현상이 발생하면, 버려진 물체의 위치 정보를 손실하기 때문에 지속적인 감시가 불가능하다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 해리스 코너 검출자를 이용하여 버려진 물체 주변의 특징점들을 추출하고, 특징점들과 버려진 물체의 중심을 연결하는 서포터를 이용하여 물체의 상대적인 위치를 추정한다. 따라서 버려진 물체가 다른 객체에 의해 가려지더라도 주변 코너를 이용하여 상대적인 위치를 추정할 수 있다. 제안된 방법은 지능형 감시시스템에 적용되어 버려진 물체 검출 및 감시에 활용될 수 있으며 이를 통해 버려진 가방이나 물건 등으로 위장한 물체를 이용한 폭탄테러를 미연에 방지할 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose abandoned object detection algorithm. When abandoned object was occluded other object, the existing methods cannot detect abandoned object because those methods are not able to estimate the location of abandoned object. In order to overcome this problem, the proposed algorithm extracts the corners around abandoned object. The detected corners are linked to center of abandoned object called by supporters. We can then estimate the location of abandoned object by using supporters. Therefore, the proposed algorithm can detect and estimate the location of abandoned object, when abandoned object is occluded by other object. For this reason, the proposed algorithm can be applied to intelligent surveillance system to prevent bomb terror, which disguises as luggage or box.

Keywords: 버려진 물체 검출(Abandoned object detection), 서포터(Supporter), 지능형 비디오 감시(Intelligent video surveillance)

I. 서론

국내외적으로 공항이나 전철역과 같이 사람이 많은 공공장소에서 불특정 다수에게 행해지고 있는 테러 위

협은 사회적으로 큰 문제가 되고 있다. 대표적인 예로서, 2011년 3월에 발생한 이스라엘 예루살렘 도심지 버스정류장 앞에서 버려진 가방으로 가장한 폭탄테러로 약 30여명의 사상자가 발생했고, 국내에서도 유사한 사고가 2011년 5월 서울역과 고속터미널에서 벌어졌다. 이와 같이 국내외의 구분 없이 발생하는 공공장소에서의 테러를 방지하기 위하여 버려진 물체를 감시할 수 있는 비디오 해석 기술의 개발이 요구된다.

* 학생회원, ** 평생회원-교신저자, 중앙대학교 첨단영상대학원

(Dept. of Image Engineering, Graduate School of Advanced Image Science, Multimedia, and Film, Chung-Ang University)

※ 본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2009-0081059)과 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(0045420-1)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

접수일자: 2011년7월1일, 수정완료일: 2012년4월3일

Singh은 중간값 필터(median filter)를 이용하여 배경을 모델링하고 서로 다른 주기의 두 배경의 차이를 이용해서 버려진 물체를 검출하는 방법을 제안하였다^[1]. 그러나 중간값 필터를 이용한 배경 모델링은 영상의 급

격한 변화에 대응하지 못하기 때문에 배경에 고스트 현상(Ghost artifact)이 발생한다. 배경 생성이 정확하지 않기 때문에 정확한 객체 검출도 어렵다는 단점이 있다. Li는 이러한 문제점을 해결하기 위해 짧은 주기와 긴 주기의 가우시안 혼합 모델(Gaussian mixture model)을 사용하여 객체를 검출하고, 검출된 객체의 가로와 세로의 비율을 이용하여 버려진 물체와 서있는 사람을 판별하였다^[2]. 그러나 가우시안 혼합 모델은 관심 영역 내에서 객체가 아닌 영역에 컬러 정보가 많이 분포할 경우 객체 검출의 정확도가 떨어진다. 반면, Spagnolo는 버려진 물체와 사라진 물체를 검출하기 위해 연속된 프레임을 평균하여 배경을 모델링하는 방법을 제안하였다^[3]. 그러나 연속된 프레임의 평균 역시 이동객체에 의해 고스트 효과가 발생하며, 이 방법은 배경을 지속적으로 모델링 하지 않기 때문에 조도 변화와 같이 영상 전체에 밝기의 변화가 발생하면 정확한 객체 검출이 불가능하다. 한편, Kim은 광류의 크기를 이용해서 영역 기반으로 배경을 모델링 하는 방법을 제안하였다^[4]. 이 방법은 광류의 크기가 미리 정해진 임계치보다 큰 영역은 모델링을 수행하지 않고 임계치보다 적은 영역에 대해서만 모델링을 수행함으로써 영상의 변화에 적응적으로 배경을 모델링 하면서 객체를 검출할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 Kim이 제안한 광류 기반의 배경 모델링 방법을 이용하여 매 프레임에서 지속적으로 배경을 모델링하고, 서로 다른 주기의 두 배경을 비교하여 버려진 물체를 검출한다. 버려진 물체가 검출되면 버려진 물체가 존재하는 배경에서 해리스 코너 검출자를 이용하여 검출된 물체 주변의 특징점을 검출한다^[5]. 검출된 코너는 물체의 중심과 연결하여 서포터를 생성하고, 이를 이용하여 버려진 물체가 다른 객체에 가려졌을 때에도 버려진 물체의 위치를 추정 가능하게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 버려진 물체 검출 및 위치 추정 알고리즘을 설명한다. III장에서는 제안된 알고리즘과 기존 방법의 비교 실험을 통해 제안된 알고리즘의 성능을 검증하며, 마지막으로 IV장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 시각적 정황을 이용한 버려진 물체 위치 추정

이 절에서는 배경 영상 모델링 방법과 이를 이용한 버려진 물체 검출 방법을 설명하고, 검출된 버려진 물체 주변의 시각적 정황을 이용하여 다른 객체에 의해

가려진 버려진 물체의 위치를 추정하는 방법을 설명한다.

1. 광류 기반의 배경 모델링 방법과 버려진 물체 검출

그림 1은 버려진 물체 검출 방법의 순서도를 나타낸다. 본 논문에서의 첫 번째 단계로 인접한 두 프레임 사이에서 유클리디언 거리를 이용하여 광류를 계산한다^[4].

$$E(d_x, d_y) = \sum_{x=ux-w}^{ux+w} \sum_{y=uy-w}^{uy+w} (I_t(x, y) - I_{t-1}(x + d_x, y + d_y))^2, \quad (1)$$

여기에서 E 는 광류의 크기를 나타내고, (d_x, d_y) 는 두 영상의 변화량을 나타내며, 초기 값은 0을 사용한다. 그리고 I_t 는 시간 t 에서의 입력 영상을 나타내며, I_{t-1} 은 이전 프레임을 나타낸다.

버려진 물체는 기준 시간 t 에서의 배경 BG_t 와 n 프레임 이전의 배경 BG_{t-n} 사이의 차이 성분을 비교함으로써 버려진 물체를 검출할 수 있으며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } |BG_t - BG_{t-n}| > Th \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (2)$$

여기에서 $U(x, y)$ 는 두 배경의 차분 영상으로서 버려진 물체 영역을 나타내고, Th 는 검출 영상의 이진화를 위한 임계치를 나타낸다.

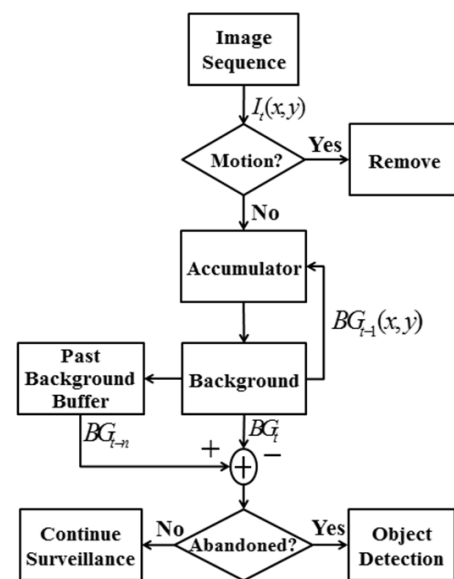


그림 1. 버려진 물체 검출 순서도
Fig. 1. The framework of abandoned object detection.

2. 코너 추출 및 서포터의 생성을 통한 버려진 물체 위치 예측

검출된 버려진 물체가 다른 객체에 의해 가려졌을 경우 그 위치를 상대적으로 추정할 수 있는 방법을 그림 2에서 순서도로 나타낸다.

일반적인 버려진 물체 검출 알고리즘에서는 버려진 물체의 검출 알고리즘만을 수행하게 되는데, 그림 3은 가림 현상에 의해 객체 정보의 변화가 발생하는 상황을 나타낸다. 버려진 물체와 이동객체를 각각 레이블 A와 B로 지정 후, 그림 3(c)와 같이 완전히 가림 현상이 벌어지면 각각의 레이블이 서로 바뀌게 된다.

지능적인 감시시스템에서 버려진 물체나 이동 객체 정보의 경우 중요한 요소로 작용하기 때문에, 제안하는 알고리즘에서는 버려진 물체가 발생된 이후 이동 객체에 의해 가림현상이 벌어질 경우 객체 정보가 바뀌는 것을 방지하기 위하여 버려진 물체가 검출되면 중심좌표를 계산하여 고정좌표로 지정한다. 그리고 버려진 물체 주변으로 특징점 검출 영역의 크기를 결정한 후 해당 영역에서 해리스 코너 검출을 수행한다. 단, 버려진 물체가 검출된 시점에서 코너를 생성하게 되면 해당 영역에 움직이는 객체가 존재할 수 있기 때문에, 실시간으로 모델링하여 생성되는 배경을 기준으로 코너 검출

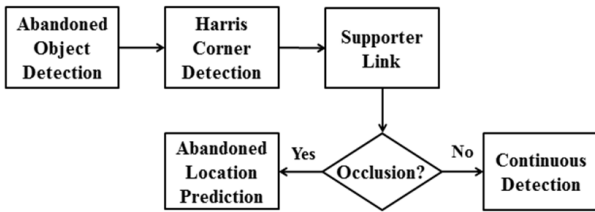


그림 2. 서포터의 생성과 가려진 물체의 위치 예측 순서도

Fig. 2. The framework of supporter creation and estimation of abandoned object location.

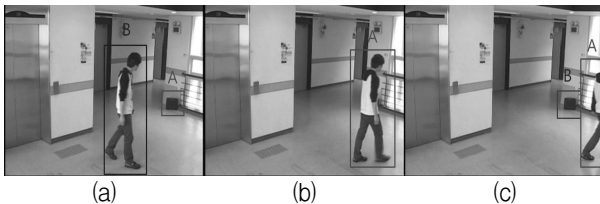


그림 3. 가림 현상으로 인한 객체 정보 변화; (a) 가림 현상 발생 전, (b) 가림 현상 발생, (c) 객체 정보 변화

Fig. 3. Change object information caused by occlusion; (a) before occlusion, (b) occlusion, and (c) object information change.

영역을 생성해야 한다. 만약 일반적인 입력영상을 이용하여 코너 생성 영역에서 코너를 추출하면 이동객체가 사라진 이후 코너정보가 달라지기 때문에, 지속적으로 정확한 검출이 불가능하다. 그림 4의 경우 동일한 프레임의 입력영상과 배경으로 모델링 된 영상을 비교하여 나타낸다.

해리스 코너 검출자의 기본 원리는 다음과 같다. 관심 영역에서 적절한 크기의 윈도우를 생성하고 그것을 이용하여 화소의 밝기 값의 변화의 폭이 얼마나 차이가 있는지 분석하는 방법으로서, 그림 5(a), 그림 5(b), 그림 5(c)는 윈도우가 이동하는 각 상황에 따른 코너 존재 여부를 결정짓는 상황을 나타낸 것으로써, 이 알고리즘은 다음의 수식으로써 나타낼 수 있다.

$$c(x,y) = \sum_W [I(x,y) - I(x + \Delta x, y + \Delta y)]^2, \quad (3)$$

위 식은 영상 내에서 변화량을 나타내는 함수인 $c(x,y)$ 에 관련된 식으로, Δx 와 Δy 는 각각 x 와 y 방향으로의 변화량을 의미하고 W 는 코너 검출에 사용하는 윈도우를 의미한다. 이 식을 이용하여 $c(x,y)$ 의 값이 작게 나타



그림 4. 동일한 프레임에서의 영상비교; (a) 입력영상, (b) 배경영상
Fig. 4. Comparing with same frame; (a) input image and (b) background image.

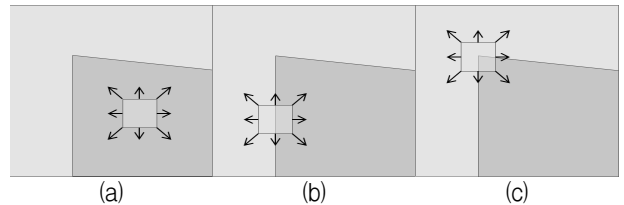


그림 5. 코너 검출 구간; (a) 상하좌우 변화가 작은 구간, (b) 좌우로 변화가 큰 구간, (c) 상하좌우 변화가 큰 구간
Fig. 5. Corner detection section; (a) small change section of all direction, (b) large change section of right and left, and (c) large change section of all direction.

나면 영상의 평탄한 영역을 의미하고, 값이 크게 나타나는 곳은 코너를 의미한다.

각 방향으로의 화소값 변화는 테일러 급수에 의해 근사화 시킬 수 있으며 각 방향의 Δx 와 Δy 의 가중치를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$M = \sum_{\Delta x, \Delta y} w(\Delta x, \Delta y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

위의 식에서 행렬 M 의 고유 값(eigenvalue)을 λ_1 과 λ_2 라고 한다면, 각각의 고유 값은 위에서 구한 각 방향의 $(\Delta x, \Delta y)$ 와 같다. 고유 값의 크기에 따라 해당 영역의 화소가 평탄한 영역인지 코너인지 판단할 수 있다^[5].

연산 속도의 제한으로 검출된 모든 코너를 사용할 수 없기 때문에 물체의 중심점에서 가까운 곳에 위치하는 것부터 우선순위를 주어 10개의 코너를 선정한 후에 각 코너의 위치정보를 저장한다. 이는 이동객체의 가림에 의해 코너 정보가 바뀌면 각 코너의 좌표정보를 비교하기 위한 것이다. 그리고 유클리디안 거리에 의하여 선정 여부를 결정한다. 버려진 물체의 중심 좌표를 (x_1, y_1) 로 가정하고 각 코너의 위치를 (x_2, y_2) 로 가정했을 때 유클리디안 거리는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}. \quad (5)$$

검출된 코너가 조명이나 기타 잡음에 의해 소멸되거나 이동되는 것을 방지하기 위하여 생성된 배경영상은 매 영상마다 업데이트를 수행한다. 이 때, 이전 배경영상인 BG_{t-1} 와 현재영상 정보를 I_t 라 하면 다음과 같이 현재 배경영상을 정의할 수 있다.

$$BG_t(x, y) = (1 - \alpha)I_t(x, y) + \alpha BG_{t-1}(x, y), \quad (6)$$

위 식에서 α 는 혼합비를 나타내며 $[0, 1]$ 의 범위를 갖는다.

각각 검출된 물체의 중심과 코너를 연결하여 서포터를 생성한다. 일반적인 버려진 물체 검출 알고리즘의 경우 버려진 물체가 이동 객체에 의해 가림현상이 발생하면 시야에서 사라지기 때문에 지속적인 관찰이 불가능하다. 하지만 서포터가 생성된 이후 버려진 물체의 가림현상이 일어나도 미리 저장된 중심점과 주변의 코너 및 서포터들에 의해 상대적인 위치 예측과 지속적인 관찰이 가능하다. 관찰 도중 물체의 가림 현상을 감지하기 위해서 두 영상 간에 유사성을 비교할 수 있는 평균제곱오차(mean square error; MSE)를 이용하여 앞서

설정된 배경영상과 실시간으로 입력되는 영상간의 오차를 구한다.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [BG_A - I_t(x, y)]^2, \quad (7)$$

위 식에서 M 과 N 은 버려진 물체가 인식되었을 때 그 물체의 크기를 나타내며 BG_A 는 물체가 검출되었을 당시의 배경영상을 나타낸다.

객체의 가림 현상을 판단할 때, 잡음에 의해 MSE 의 결과 값이 달라질 수 있기 때문에 아래의 식과 같이 일정 임계치 τ 값을 주어 그 값보다 클 경우에만 가림 현상이 발생하였다고 판단한다.

$$Occlusion = \begin{cases} true, & \text{if } MSE > \tau. \\ false, & \text{otherwise} \end{cases}. \quad (8)$$

마지막 단계로, 다른 객체에 의해 가림 현상이 발생하면 서포터가 사라지게 되는데, 이 경우 남아있는 코너와 서포터의 위치 및 길이 정보를 이용하여 지속적으로 버려진 물체의 위치를 예측 할 수 있다.

III. 실험 및 분석결과

본 논문에서는 실험을 위해 AVSS2007 데이터셋^[6]과, 직접 촬영한 CAU 데이터셋을 사용하였다. 실험에 사용한 영상의 사이즈는 320×240 이다. AVSS2007 데이터셋의 촬영 환경은 한 사람이 가방을 들고 나타났다가 가방을 바닥에 두고 화면에서 사라진 이후 버려진 물체가 지나가는 사람에 의해 가림 현상이 일어나는 내용으로 구성되어 있다. 그림 6은 AVSS2007 데이터셋의 촬영환경을 나타낸다.

그림 7의 촬영환경도 AVSS2007 데이터셋과 유사한 구성으로 사람이 바닥에 가방을 버린 후 주변을 배회하는데,

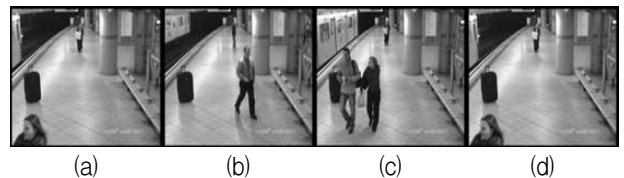


그림 6. AVSS2007 데이터셋의 주요 장면;
(a) 1670번째 영상, (b) 2670번째 영상,
(c) 4055번째 영상, (d) 4120번째 영상

Fig. 6. AVSS2007 dataset main contents;
(a) 1670th Frame, (b) 2670th Frame,
(c) 4055th Frame, and (d) 4120th Frame.

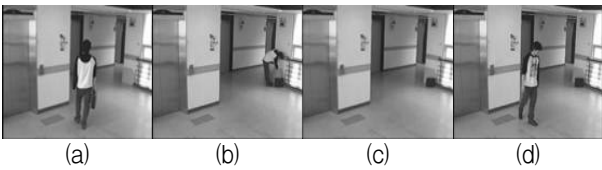


그림 7. CAU 데이터셋의 주요 장면;
(a) 470번째 영상, (b) 646번째 영상,
(c) 735번째 영상, (d) 1430번째 영상

Fig. 7. CAU dataset main contents;
(a) 470th Frame, (b) 646th Frame,
(c) 735th Frame, and (d) 1430th Frame.

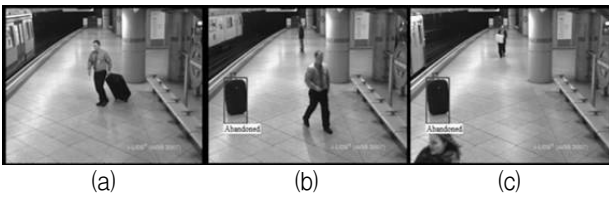


그림 8. AVSS2007 데이터셋의 버려진 물체 검출;
(a) 1670번째 영상, (b) 2670번째 영상,
(c) 4120번째 영상

Fig. 8. Abandoned object detection of AVSS2007 dataset;
(a) 1670th Frame, (b) 2670th Frame, and
(c) 4120th Frame.

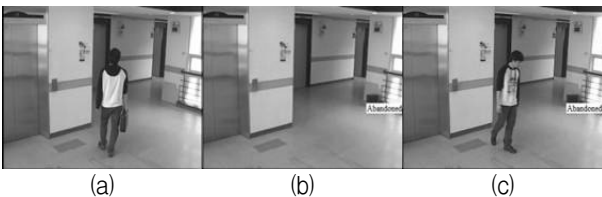


그림 9. CAU 데이터셋의 버려진 물체 검출;
(a) 470번째 영상, (b) 735번째 영상,
(c) 1430번째 영상

Fig. 9. Abandoned object detection of CAU dataset;
(a) 470th Frame, (b) 735th Frame, and
(c) 1430th Frame.

이 경우 가방의 크기는 AVSS2007 데이터셋보다 작다.

그림 8과 그림 9는 버려진 물체의 검출 결과를 나타낸다. 버려진 물체 검출은 이중 배경생성 방식을 이용하여 두 배경영상의 차분을 통해 검출 할 수 있다.

그림 10은 검출된 물체의 중심부분과 코너 생성영역 내에서 코너를 추출하여 서포터를 연결한 결과를 나타낸다.

그림 11과 그림 12는 Singh의 방법과 제안된 알고리즘의 가림현상 발생 시의 검출결과를 나타낸다.

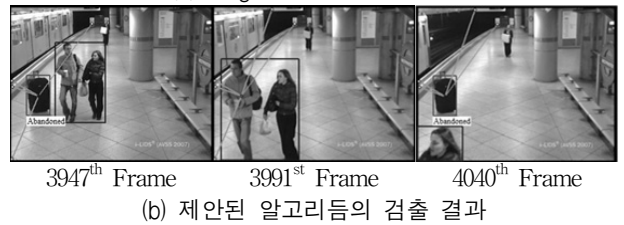
그림 11에서 보듯이 버려진 물체가 가려지더라도 Singh이 제안한 방법과 달리 제안된 알고리즘에서는 서포터들에 의해 물체의 중심을 예측하여 표시하는 것을



그림 10. 서포터 생성 결과;
(a) AVSS2007 데이터셋, (b) CAU 데이터셋
Fig. 10. Results of supporter creation;
(a) AVSS2007 dataset and (b) CAU dataset.

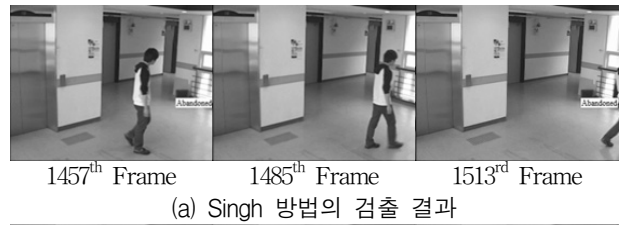


(a) Singh 방법의 검출 결과



(b) 제안된 알고리즘의 검출 결과

그림 11. AVSS2007 데이터셋 검출결과 비교
Fig. 11. Comparing with detection result on AVSS2007.



(a) Singh 방법의 검출 결과



(b) 제안된 알고리즘의 검출 결과

그림 12. CAU 데이터셋 검출결과 비교
Fig. 12. Comparing with detection result on CAU.

확인할 수 있다. 또한, 서포터들에 의존하여 가림 현상 여부를 판단하기 때문에 서포터의 존재가 중요한데, 만약 코너가 가려져 서포터가 부분적으로 사라지더라도 남은 서포터들에 의해 버려진 물체의 위치 예측이 지속적으로 가능하다.

그림 12도 그림 11의 결과와 같이 버려진 물체가 이

동객체에 의해 가림 현상이 발생하더라도 코너와 서포터에 의해 상대적인 위치를 파악하여 표시해주는 것을 확인할 수 있다. 객체의 중심점은 버려진 물체에 가림 현상이 발생하지 않으면 청색으로 나타내고, 가림현상이 발생하면 적색으로 나타내어 버려진 물체의 가림 여부를 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 이중 배경을 이용하여 버려진 물체를 검출하고 주변의 시각적 정황을 이용하여 버려진 물체가 다른 객체에 가려지더라도 버려진 물체의 위치를 추정할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 버려진 물체 중심영역에서 해리스 코너 검출자를 이용하여 코너를 추출하고, 이를 버려진 물체의 중심에 연결한 서포터를 이용하여 다른 객체에 의해 가림 현상이 발생하더라도 버려진 물체가 어느 위치에 존재하는지 예측해낼 수 있는 방법을 제안하였다. 본 논문의 기여도는 다음과 같다. 가림 현상 발생 시 정상적인 버려진 물체 감시가 불가능한 기존 알고리즘의 문제를 개선하였으며, 실시간 감시시스템에 적용되어 공항이나 진찰역과 같은 사람이 많은 공공장소에 사용되어 테러 방지에 활용될 수 있다. 향후에는 다른 객체에 의해 버려진 물건과 서포터를 생성하는 코너까지 모두 가려졌을 경우 물체의 위치 추정방법과 물체 자체의 컬러나 특징이 아닌 다른 정보를 이용한 버려진 물체 검출 방법에 대해 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] A. Singh, S. Sawan, M. Hanmandlu, V. Madasu, and B. Lovell, "An abandoned object detection system based on dual background segmentation," *IEEE Conf. Advanced Video, Signal Based Surveillance*, pp. 352-357, September 2009.
- [2] X. Li and D. Zhang, "Abandoned objects detection using double illumination invariant foreground masks," *IEEE Conf. Int. Conf. Pattern Recognition*, pp. 436-439, August 2010.
- [3] P. Spagnolo, A. Caroppo, M. Leo, T. Martiriggiano, and T. D'Orazio, "An abandoned/removed objects detection algorithm and its evaluation on PETS datasets," *Proc. Int. Conf. Video, Signal Based Surveillance*,

pp.17-21, November 2006.

- [4] T. Kim, J. Im, and J. Paik, "Video object segmentation and its salient motion detection using adaptive background generation," *IET Electronics Letters*, vol. 45, pp. 542-543, May 2009.
- [5] C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," *Proc. Alvey Vision Conference*, pp. 147-151, 1998.
- [6] IEEE International Workshop on Advanced Video, Signal based Surveillance, London, September 2007.

저 자 소 개



이 정 현(학생회원)
 2011년 국립한경대학교 정보제어 공학과 학사 졸업.
 2012년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 석사과정 재학중.
 <주관심분야 : 객체 추적, 객체 인식>



임 재 현(학생회원)
 2007년 강남대학교 전자시스템 공학부 학사 졸업.
 2009년 중앙대학교 첨단영상대학원 석사 졸업.
 2012년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 박사과정 재학중.
 <주관심분야 : 영상 개선, 객체 추적, 객체 인식>



백 준 기(평생회원)-교신저자
 1984년 서울대학교 제어계측 공학과 학사 졸업.
 1987년 노스웨스턴대학교 전기 및 컴퓨터 공학과 석사 졸업.
 1990년 노스웨스턴대학교 전기 및 컴퓨터 공학과 박사 졸업.

2012년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 교수.
 <주관심분야 : 영상복원, 신호처리, 반도체>